

Arrangement comprising laser diodes and a cooling system, and method for its production

Patent number: DE4315580
Publication date: 1994-11-17
Inventor: TREUSCH HANS-GEORG DR [DE]; KRAUSE VOLKER
DIPLOM [DE]; BUECHLER ALEXANDER [DE]
Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]
Classification:
- international: H01S3/043; H01L23/473; H01S3/025; B23K26/00;
H05K7/20
- european: B23K26/38B; H01L23/473; H01S5/024; H01S5/40H
Application number: DE19934315580 19930511
Priority number(s): DE19934315580 19930511

Abstract of DE4315580

The subject-matter of the invention is arrangements comprising semiconductor laser diodes and a cooling system, and a method for their production. In particular, the invention relates to a component or an arrangement comprising one or more laser diodes, designed as horizontal or vertical emitters, and a thermally coupled cooling system in layer design, the cooling system including microchannels, feed channels and discharge channels as well as, if appropriate, distribution and collection channels, through which a coolant circulates. The method according to the invention for producing the cooling system is based on the concept of producing the channels by means of laser processing, punching or electrolytic technique (electroplating). In particular, laser processing and electrolytic technique allow both three-dimensional or two-dimensional preparation or making of the individual cooling-channel layers. The invention allows simple production of microchannel heat sinks comprising 2, 3 and more layers, with virtually arbitrarily configured microchannels, in a multiplicity of materials such as, for example, copper and diamond. A preferred embodiment of the invention consists in that the cooling system has one or more large-area regions with microchannels, on each of which a multiplicity of laser diodes, or submounts with thermally coupled laser diodes, are arranged. The component may also consist of a plurality of modules with cooling channels and laser diodes which are arranged vertically stacked or adjacent to each other.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 15 580 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 43 15 580.4
㉑ Anmeldetag: 11. 5. 93
㉒ Offenlegungstag: 17. 11. 94

㉓ Int. Cl.⁵:
H 01 S 3/043
H 01 L 23/473
H 01 S 3/025
B 23 K 26/00
H 05 K 7/20

DE 43 15 580 A 1

㉔ Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

㉕ Erfinder:
Treusch, Hans-Georg, Dr., 5100 Aachen, DE; Krause,
Volker, Dipl.-Ing., 5330 Königswinter, DE; Büchler,
Alexander, 5100 Aachen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉖ Anordnung aus Laserdioden und einem Kühlsystem sowie Verfahren zu deren Herstellung

㉗ Gegenstand der Erfindung sind Anordnungen aus Halbleiterlaserdioden und einem Kühlsystem sowie Verfahren zu deren Herstellung.

Insbesondere betrifft die Erfindung ein Bauelement bzw. eine Anordnung aus einer oder mehreren Laserdioden, ausgeführt als Horizontal- oder Vertikalemitter, und einem thermisch angekoppelten Kühlsystem in Schichtbauweise, wobei das Kühlsystem Mikro-, Zu- und Ablaufkanäle sowie gegebenenfalls Verteil- und Sammelkanäle beinhaltet, durch die ein Kühlmedium zirkuliert. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des Kühlsystems beruht auf der Idee, die Kanäle mittels Laserbearbeitung, Stanzen oder Galvanotechnik zu realisieren. Insbesondere erlaubt die Laserbearbeitung und Galvanotechnik sowohl eine 3dimensionale als auch 2dimensionale Präparation bzw. Anfertigung der einzelnen Kühlkanalschichten.

Die Erfindung ermöglicht die einfache Realisierung von Mikrokanalwärmesenken aus 2, 3 und mehr Schichten, mit nahezu beliebig gestalteten Mikrokanälen, in einer Vielzahl von Werkstoffen, wie z. B. Kupfer und Diamant.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, daß das Kühlsystem ein oder mehrere großflächige Gebiete mit Mikrokanälen aufweist, auf denen jeweils eine Vielzahl von Laserdioden oder Submounts mit thermisch angekoppelten Laserdioden angeordnet sind.

Das Bauelement kann auch aus mehreren Modulen mit Kühlkanälen und Laserdioden bestehen, die vertikal gestapelt oder nebeneinander angeordnet sind.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 94 408 046/129

14/34

DE 43 15 580 A 1

Die Erfindung betrifft Anordnungen aus Hochleistungslaserdioden (HLD) und einem Kühlsystem sowie Verfahren zur Herstellung des Kühlsystems. Diese Anordnungen kommen insbesondere für die Steigerung der Laserleistung bzw. der -Leistungsdichte der HLD zum Einsatz.

Hochleistungslaserdioden bestehen vorzugsweise aus einer epitaktischen Anordnung von Halbleiterschichten — wie z. B. GaAs/Al_xGa_{1-x}As-Systemen —, die einen pn-Übergang sowie einen Resonator aufweisen. Wird ein hinreichend starkes äußeres elektrisches Feld am pn-Übergang angelegt, so setzt Elektron-Loch Rekombination ein und Strahlung wird emittiert. Die Laserwellenlänge ist abhängig von der Bandstruktur des Halbleitermaterials sowie von der Dimensionierung des Resonators.

HLD haben gegenüber herkömmlichen Lasern viele Vorteile. Sie sind klein in der Bauform, haben einen hohen elektrischen/optischen Wirkungsgrad (zwischen 30 und 50%) und sind gegenüber herkömmlichen Lasern bereits zu relativ niedrigen Preisen verfügbar. Hochleistungslaserdioden kommen für die verschiedensten Anwendungen zum Einsatz, z. B. in der Materialbearbeitung und zum Pumpen von Festkörperlasern.

Stand der Technik

Die Verlustleistung der Hochleistungslaserdioden (in Höhe von 50 bis 70%) muß als Wärme aus einem sehr kleinen Bereich der laseraktiven Halbleiterschicht abgeführt werden. Eine gute Kühlung ist daher Grundvoraussetzung für den Betrieb von Laserdioden, da eine Temperaturerhöhung mit Effekten wie Wellenlängenverschiebung, reduziertem Wirkungsgrad, verkürzter Lebensdauer und im Extremfall mit einer Zerstörung der Laserdiode verbunden ist. Die Wärmeabfuhr erfolgt bei dem Großteil der derzeit üblichen HLD-Bauelementen durch Wärmeleitung in gut thermisch leitendes Material (z. B. in einen Kupferblock). Das die Laserdiode und Wärmesenke umfassende Bauelement wird dann üblicherweise auf eine wassergekühlte Grundplatte montiert. Hierbei tritt ein großer thermischer Widerstand (Wärmeleitung, Übergangswiderstand, konvektiver Wärmewiderstand) von der laseraktiven Zone bis zum Kühlwasser auf.

Für eine Reduzierung dieses Widerstandes ist zum einen eine Verkleinerung des Wärmeleitweges und zum anderen eine große Oberfläche der Kühlkanäle erforderlich. Für eine effizientere Kühlung der Hochleistungslaserdioden existieren diverse Weiterentwicklungen. Diese Weiterentwicklungen basieren auf der Anordnung einer Vielzahl schmaler Kanäle (Mikrokanäle) in der Wärmesenke, die von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden. Die Integration der Kühlkanäle in das Bauelement trägt zu einer Reduzierung der Übergangswiderstände bei. Eine derartige Anordnung wird im folgenden als Mikrokanalwärmesenke (MKWS) bezeichnet. Durch den Einsatz einer derartigen Wärmesenke kann der Wärmewiderstand vom aktiven Medium bis zur Kühlflüssigkeit um das 2- bis 5fache im Vergleich zu konventionellen Bauteilen reduziert werden.

Gegenwärtig bestehen diese Mikrokanalwärmesenken ausnahmslos aus einer Folge strukturierter, von der LD baulich getrennter Schichten. Die Anordnungen aus Hochleistungslaserdioden und MKWS zeichnen sich dadurch aus, daß auf der Deckschicht der abgeschlossenen

MKWS jeweils eine Laserdiode aufgeklebt oder aufgelötet ist.

Im Konferenzbericht "Test Results of Wafer Thin Coolers at Heat Fluxes from 5 to 125 W/cm²" (M. G. Grote et al; SAE Paper *880997, 18th Intersociety Conference of Environment Systems; 1988) sind wassergekühlte MKWS aus Kupfer und Beryllium-Oxid für HLD-Arrays vorgestellt. MKWS aus Kupfer zeichnen sich durch ihre hohe thermische Leitfähigkeit und somit einen effektiven Abtransport der Verlustleistung aus der LD aus. Beryllium-Oxid hat einen wesentlich schlechteren thermischen Leitfähigkeitskoeffizienten als Kupfer, weist jedoch den Vorteil auf, daß es besser an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten von GaAs angepaßt ist. Es besteht somit nicht die Gefahr des Abplatzens der LD von der MKWS bei einem Temperaturanstieg während des Betriebs. Die wassergekühlten Kanäle in den inzwischen weitverbreiteten Strukturen werden derzeit mittels mechanischer Mikrofräser oder Mikrotrennscheiben herausgearbeitet. Diese Herstellungsverfahren sind aufwendig und somit relativ teuer. Zudem erlauben sie, bedingt durch die mechanische Stabilität der Fräser bzw. Trennscheiben, nur eine Realisierung von Kanalbreiten bis herab zu ca. 100 µm bzw. 50 µm. Dies wirkt sich, bei vorgegebener Größe der MKWS, in der durch die Zahl der Mikrokanäle limitierten höchstzulässigen Verlustleistung und somit nachteilhaft auf die maximale Strahlungsleistung der LD aus. Hinzukommt, daß mittels dieser Techniken nur stark eingeschränkte Kanalgeometrien realisierbar sind. So weisen die Kanäle, insbesondere die Mikrokanäle, im allgemeinen zueinander rechtwinklig stehende Formen sowie einheitliche Tiefen auf.

Weitere Ausführungsformen für MKWS sind in den amerikanischen Patentschriften US 5105429 und US 5105430 aufgeführt. Die MKWS bestehen hierbei entweder aus einer dreilagigen Schichtstruktur mit Deck-, Mittel-, und Grundschicht (US 5105429) oder aus einer Vielschichtstruktur, in der eine Vielzahl von Zu-, Abfuhr- und Verteilkanälen die Kühlflüssigkeit den Mikrokanälen zuführt (US 5105430). Die letztgenannte Ausführungsform kommt insbesondere für Laserdiodenarrays zum Einsatz. Die Laserdiodenarrays bestehen dabei aus einer Vielzahl von vertikal gestapelten Modulen aus jeweils einer Laserdiode und einer mehrlagigen MKWS. Die HLD sind als Horizontalemitter (Kantenemitter) ausgeführt, bei denen die Laserstrahlung seitlich aus der HLD austritt. Die Herstellung dieser Anordnung aus Laserdioden und MKWS ist aufgrund der großen Zahl der einzelnen Bauelemente bzw. Schichten aufwendig und zudem mit Abdichtungsproblemen der Kühlkanäle verbunden. Die MKWS, die überwiegend aus Halbleitermaterialien, insbesondere Si, aufgebaut sind, werden durch chemisches Ätzen strukturiert. Dieses Verfahren umfaßt jedoch viele Prozessschritte — Belackern, Photolithographie, Ätzen — und ist somit ebenfalls relativ teuer. Darüber hinaus können beim Einsatz von Ätzprozessen nur stark eingeschränkte Kanalgeometrien erzeugt werden. Ferner besitzt Si einen schlechteren thermischen Leitfähigkeitskoeffizienten (Faktor 5) als Kupfer.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine geeignete Anordnung aus Laserdioden und MKWS zur aktiven Kühlung sowie ein einfaches und preiswertes Verfahren zu deren Herstellung zu entwickeln. Insbe-

sondere soll mit dem Verfahren eine flexiblere Gestaltung der verschiedenen Kanäle ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterentwicklungen sind in den Nebenansprüchen 9 und 15 sowie in den Unteransprüchen 2 bis 21 aufgeführt.

Die Erfindung basiert auf der Idee die Kanäle mittels Laserstrahlbearbeitung und/oder Stanzen und/oder Galvanotechnik zu realisieren. Insbesondere sind in Verbindung mit der Laserstrahlbearbeitung Prozesse wie Bohren, Schneiden, Abtragen und Oberflächenbehandlungen möglich. Als Material eignen sich alle Stoffe die gut wärmeleitend sind. Bevorzugt kommen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Werkstoffe hoher Wärmeleitfähigkeit wie Kupfer, T-cBN, Diamant, etc. zum Einsatz.

Die Erfindung ermöglicht die einfache Realisierung von Mikrokanalwärmesenken aus 2, 3 und mehr Schichten. Weiterhin erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren sowohl eine 3-dimensionale als auch eine 2-dimensionale Bearbeitung beziehungsweise Anfertigung der einzelnen Schichten. Unter 2-dimensional sind Prozesse zu verstehen, bei denen sich die Reliefstruktur in den einzelnen Schichten der MKWS durch die jeweilige Schicht erstreckt. Beispiele hierfür sind das Stanzen und das Durchfräsen. Die Kanäle werden durch die zuvor genannten Bearbeitungs- bzw. Herstellungsverfahren derart in den Schichten angeordnet, daß durch das Zusammenfügen der einzelnen Schichten, die die Funktionen Abdeckung, Zufuhr, Abfuhr und Mikrokanalkühlung beinhalten, ein Kanalsystem entsteht. Die Verbindung der einzelnen Schichten erfolgt durch Verfahren wie Bonden, Schweißen, Löten, Kleben und ähnliches.

Bei der Laserstrahlbearbeitung wird die 2- oder 3-dimensionale Struktur der einzelnen Schichten der MKWS durch Laserschneiden, -abtragen und/oder -bohren realisiert. Hierfür wird der Fokus des Laserstrahls und das Werkstück relativ zueinander bewegt.

Beim galvanotechnischen Verfahren kommt vorzugsweise die LIGA Technik (Lithographie, Galvanik und Abformen) zum Einsatz. Hierbei wird zunächst eine Form erzeugt, indem aus einem strahlungsempfindlichen Kunststoff mit energiereicher Strahlung mikrometerfeine reliefartige Strukturen herausgearbeitet werden. Durch Auffüllen dieser Urform wird dann eine Negativkopie — üblicherweise aus Metall — angefertigt. Die Hohlräume der Kunststoffstruktur werden dabei auf galvanischem Weg aufgefüllt. Man erhält mit diesem Verfahren eine komplementäre Mikrostruktur aus Metall, die bereits das gewünschte Endprodukt sein kann oder als Formeinsatz für einen Mikrogießprozeß (beispielsweise für Stanzformen) dienen kann.

Vorteile der Erfindung bestehen in der einfachen Herstellung der Kanäle, insbesondere der Mikrokanäle, mit nur wenigen Prozessschritten. Zudem lassen sich in einfacher Weise nahezu beliebige Kanalgeometrien realisieren. So lassen sich speziell mittels der Laserstrahlbearbeitung und des galvanotechnischen Verfahrens Mikrokanalbreiten im 10 µm-Bereich erzeugen. Die herausgearbeiteten Wände können dabei sowohl rechtwinklig als auch unter einem beliebigen Winkel zur Oberfläche angeordnet sein. Dadurch können beispielsweise rechtwinklige oder v-förmige Kühlkanäle erzeugt werden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren sind zudem MKWS mit großflächigen Gebieten aus Mikrokanälen realisierbar, die die Anordnung einer Vielzahl von LD erlauben. Ferner können die Kanäle, insbesondere die Mikrokanäle, beliebig in den MKWS angeordnet werden — z. B. längs oder quer zum LD-Barren — was in bezug auf den Stand der Technik eine gleichmäßigere Kühlung der LD ermöglichen.

Zudem ermöglicht die Laserstrahlbearbeitung die Realisierung von Mikrokanalwärmesenken aus Diamant, die mittels der bekannten Verfahren nach dem Stand der Technik nicht verwirklicht werden können. Diamant weist neben seiner guten Wärmeleitfähigkeit (dreimal besser als Kupfer) einen thermischen Ausdehnungskoeffizient vergleichbar mit dem von GaAs auf und ist deshalb ein besonders geeignetes Material für MKWS.

Ein bevorzugtes Verfahren besteht in der Kombination der unterschiedlichen Herstellungstechniken. So werden vorzugsweise die feinen Mikrokanäle durch Laserbearbeitung und die Kanäle mit größeren Querschnitten — wie beispielsweise Zu- und Ableitungskanäle — durch Stanzen, Galvanotechnik oder auch durch Ätzen herausgearbeitet bzw. angefertigt.

Die HLD können bei der erfindungsgemäßen Anordnung als Horizontalemitter (Kantenemitter) und/oder Vertikalemitter (Oberflächenemitter) ausgeführt sein. Während bei den Horizontalemittern die Laserstrahlung seitlich aus der Laserdiode austritt, tritt bei den Vertikalemittern die Strahlung senkrecht zur epitaxierten Fläche der Laserdiode aus.

Ausführungsbeispiele

Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die Abb. 1 bis 10 bevorzugte Ausführungsbeispiele dargestellt. Der Einfachheit halber sind — ohne Einschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens — nur MKWS dargestellt, die 2-dimensionale Bearbeitungsprozesse erfordern.

Es zeigen:

Fig. 1: Querschnittsdarstellung einer ersten Ausführungsform für eine fünflagige MKWS, bei der der LD-Barren mittig über dem Bereich der Mikrokanäle angeordnet ist.

Fig. 2: Querschnittsdarstellung einer zweiten Ausführungsform für eine fünflagige MKWS, bei der der LD-Barren mit einer zusätzlichen Mikrooptik versehen ist.

Fig. 3: Querschnittsdarstellung einer dritten Ausführungsform für eine fünflagige MKWS, bei der der LD-Barren auf der Vorderkante der MKWS angeordnet ist.

Fig. 4: Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform für eine mehrlagige MKWS, bei der mehrere LD-Barren auf der Vorderseite der MKWS angeordnet sind.

Fig. 5a—e: Aufsichtsdarstellung der einzelnen Schichten einer fünflagigen MKWS mit einem Verteil- und einem Sammelkanal sowie parallel zum LD-Barren angeordneten Mikrokanälen.

Fig. 6a—c: Aufsichtsdarstellung der einzelnen Schichten einer fünflagigen MKWS mit mehreren Verteil- und Sammelkanälen sowie senkrecht zum LD-Barren angeordneten Mikrokanälen.

Fig. 7: Querschnittsdarstellung einer gestapelten Anordnung von mehrlagigen MKWS in 2D-Plattenbauweise und LD.

Fig. 8: Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform für eine mehrlagige MKWS mit großflächigen Mikrokanälen und mehreren vertikal abstrahlende Hochleistungslaserdioden.

Fig. 9: Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform für eine mehrlagige MKWS mit großflächigen Mikrokanälen und mehreren horizontal abstrahlenden Hochleistungslaserdioden sowie Mikroprismen oder

-Spiegeln.

Fig. 10: Querschnittsdarstellung einer weiteren Ausführungsform für eine mehrlagige MKWS, bei der mehrere LD-Barren auf der Vorderseite der MKWS angeordnet sind.

Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform für eine Anordnung aus einer Laserdiode (15) und einer MKWS (1), bestehend aus fünf Schichten — vorzugsweise dünnen Kupferblechen —, hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren. Bestand dieser fünflagigen MKWS sind eine Deckplatte (2), eine Mikrokanal bzw. Verteilplatte (3), die eine Vielzahl von Mikrokanälen (4) und einen oder mehrere Verteilkanälen (5) enthält, eine Zwischenplatte (6), die einen Verbindungskanal (7) aufweist, eine Sammelplatte (8), die einen oder mehrere Sammelkanäle (9) beinhaltet sowie eine Grundplatte (10). Der Durchstrom des Kühlmediums erfolgt dabei in der Reihenfolge: Einlauf (11), Verteilkanal/kanäle (5), Mikrokanäle (4), Verbindungskanal (7), Sammelkanal/kanäle (9) und Auslauf (12). Prinzipiell ist aber auch eine umgekehrte Durchströmrichtung möglich. Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel passiert der Zu- (11) und Ablaufkanal (12) sowohl die Deckplatte (2) als auch die Grundplatte (10) und somit alle Lagen. Diese Form wird insbesondere bei der vertikalen Stapelung von MKWS gewählt. Für einlagige Bauelemente ist jeweils nur ein Zu- und Ablaufkanal in der Deck- bzw. Grundplatte notwendig.

Die einzelnen Schichten (2,3,6,8,10) der MKWS (1) sind durch Schweißen, Bonden, Lötten oder Kleben zusammengefügt.

Der Montagebereich der Laserdiode (15) befindet sich auf der Deckplatte (2) über den Mikrokanälen (4), wodurch eine effiziente Kühlung der LD gewährleistet ist. Die Mikrokanäle sind bei dieser Anordnung längs zum LD-Barren durchströmt. Vorzugsweise ist die Montage mittig über dem Bereich der Mikrokanäle vorgenommen, da dies zur besten Wärmeabfuhr und gleichmäßigen Temperaturverteilung führt.

Der LD-Barren (15) ist vorzugsweise auf die MKWS aufgelötet, wobei zur Reduzierung von Verspannungen, aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, elastische Lotmaterialien herangezogen werden.

Eine Weiterentwicklung für die rückwärtige Montage der LD ist in Abb. 2 dargestellt, bei der zur Verbesserung der Laserauskopplung — dargestellt durch den Pfeil (17) — eine Mikrooptik (16) vor dem LD-Barren (15) zu positioniert ist. Eine Alternative besteht darin, diese Mikrooptik bereits in der LD (15) zu integrieren.

Ebenfalls möglich ist, wie in Abb. 3 veranschaulicht, eine Montage des LD-Barren (15) in den Randbereichen der Mikrokanäle (4), z. B. an der Kante der MKWS. Eine derartige Anordnung nimmt eine geringere Kühlung und eine ungleichmäßigere Temperaturverteilung in Kauf, um die seitlich aus dem LD-Barren austretende Strahlung (17) ungehindert über die Vorderseite der MKWS treten zu lassen.

Neben der Montage von einzelnen LD-Barren ist, wie in Abb. 4 gezeigt die Montage mehrerer, auf der Vorderseite nebeneinander angeordneter LD (15) möglich. Der LD-Barren kann dabei — wie in den Abb. 1 bis 3 — entweder auf der Vorderseite der MKWS, mittig über den Mikrokanälen oder mit einer Mikrooptik versehen montiert werden.

Eine Aufsichtsdarstellung der einzelnen 2-dimensional strukturierten Schichten einer bevorzugten Ausführungsform der fünflagigen MKWS ist in 5a—e widerge-

geben.

Bestand der MKWS sind eine Mikrokanal- bzw. Verteilplatte (Fig. 5 b, (3)), die eine Vielzahl von kammartig (d. h. einseitig freistehend) gestalteten Mikrokanälen (4) — im Ausschnitt der Fig. 5b dargestellt — und einen Verteilkanal (5) enthält, eine Sammelplatte (Fig. 5 d, (8)), die mittels eines Sammelkanals (9) die erwärmte Kühlflüssigkeit einem Ableitungskanal (12) zuführt, sowie eine Zwischenplatte (Fig. 5 c, (6)) mit einem Verbindungskanal (7), die Verteil- (3) und Sammelplatte (8) voneinander separiert. Diese Anordnung wird von einer Grund- (Fig. 5 a, (2)) und Deckplatte (Fig. 5 e, (10)) eingeschlossen. Die Ausrichtung der Mikrokanäle quer zur LD ermöglicht eine gleichmäßige Kühlung der LD. Die Bohrungen (20) dienen als Justierhilfe bei der Bearbeitung der einzelnen Schichten und können bei der späteren Stapelung Justagezwecken dienen.

Eine alternative Ausführungsform für die Gestaltung der Kanäle einer MKWS mit mehreren Verteil- und Sammelkanälen zeigt Fig. 6 a—c. Die Schichtfolge der MKWS entspricht der des Ausführungsbeispiels in Fig. 5. und beinhaltet eine Verteilplatte (Fig. 6a, (3)), eine Sammelplatte (Fig. 6c, (8)) sowie die zwischen der Verteil- (3) und Sammelplatte (8) angeordnete Zwischenplatte (Fig. 6b, (6)). Diese Anordnung wird von Grund- (2) und Deckplatten (10) eingeschlossen, wie sie in Fig. 5 dargestellt sind. Zur Veranschaulichung der Flexibilität des erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere in der Gestaltung der Kanalgeometrien, sind bei dieser Variante die Mikrokanäle längs zur LD ausgerichtet. Bei dieser Ausführungsform sind die Mikrokanäle (4) beidseitig eingespannt — wie im Ausschnitt der Fig. 6a vergrößert dargestellt — und somit relativ stabil, was hohe Drücke bzw. Durchströmgeschwindigkeiten des Kühlmediums und somit eine besonders effektive Kühlung gestattet.

Eine gleichmäßige Kühlung der LD (15) ist bei der Ausführungsform nach Fig. 6 dadurch gewährleistet, daß die Mikrokanäle (4) in einzelne unabhängige Segmente unterteilt sind. Im Gegensatz zur vorigen Ausführungsform (Fig. 5) besteht zwischen den Mikrokanälen (4) und den Verteilkanälen (5) auf der Verteilplatte (3) keine direkte Verbindung. Das Kühlmedium gelangt von den Verteilkanälen (5) über mehrere Verbindungskanäle (7) auf der Zwischenplatte (6) in die Mikrokanäle (4). Nach Durchströmen der Mikrokanäle (4) wird das Kühlmedium über weitere, auf der Zwischenplatte (6) angeordnete Verbindungskanäle (7) den vier Sammelkanälen (9) der Sammelplatte (8) zugeführt.

Die MKWS und LD können sowohl als einlagiges Bauelement als auch in Stapeln betrieben werden. Eine bevorzugte Ausführungsform für eine Stapelanordnung der MKWS zeigt Abb. 7. Die einzelnen Module der MKWS (1) werden durch Isolationsschichten (30), die idealerweise die gleiche Höhe wie die LD-Barren (15) aufweisen, separiert. Vorzugsweise liegt innerhalb des Stapels eine elektrische Reihenschaltung der Diodenbarren vor. Die MKWS (1) der einzelnen Lagen werden parallel angeströmt, um den Strömungswiderstand der ganzen Anordnung gering zu halten. Somit verfügen die gestapelten MKWS über einen gemeinsamen Ein- (11) und Auslauf (12). Stapelfähig sind neben den in dieser Abbildung verwendeten Modulen aus Abb. 3 auch die Module aus den Abb. 1, 2 und 4.

Anstelle der Technik des Stapels der einzelnen Module aus MKWS und LD, kann alternativ der mit den Mikrokanälen versehene Bereich der Wärmesenken vergrößert werden und eine Vielzahl von Laserdioden

in diesem Bereich montiert werden. Bei dieser Vorrichtung erübrigt sich die Abdichtung zwischen den MKWS. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß nur ein Kühler zum Einsatz kommt und sich somit die Anzahl der Herstellungsschritte stark reduzieren läßt.

Ausführungsbeispiele hierfür sind in den Abb. 8, 9 und 10 dargestellt. Die Mikrokanäle werden in den großflächigen Mikrokanalgebieten (4) zur Verbesserung der Stabilität vorzugsweise in Segmente aufgeteilt, wie bereits in Abb. 6a veranschaulicht.

Bei der Ausführungsform nach Abb. 8 wird eine Bauform mit einem Submount (25) (Zwischenaufsatz) aus einem gut wärmeleitfähigen Material (z. B. Kupfer) verwendet, der eine Montage des Laserdiodenbarrens (15) senkrecht zur MKWS Montageoberfläche ermöglicht.

In Abb. 9 und 10 ist die Bauform dargestellt, bei der die LD-Barren in der Ebene der MKWS-Oberfläche montiert sind. Bei der Verwendung von Horizontalemittern (Kantenemitter) wird die Strahlung über Mikroprismen (30) oder -spiegel um 90° umgelenkt wie in Fig. 9 dargestellt, während bei Vertikalemittern (Oberflächenemittern) die Strahlung ohne weitere Hilfsmittel senkrecht zur Oberfläche der MKWS austritt (Fig. 10).

Zudem ist eine Montage mehrerer LD-Barren nebeneinander für die Anordnungen in Abb. 8, 9 und 10 möglich. Alternative Ausführungsformen bestehen darin die MKWS mit mehreren Zu- und Ableitungskanälen auszustatten. Die Anordnung aus großflächigen MKWS mit mehreren LD-Barren, wie in den Ausführungsbeispielen nach Abb. 8 bis 10 dargestellt, ist nicht nur auf das erfindungsgemäße Verfahren beschränkt, sondern läßt sich auch mittels konventionellen Verfahren, z. B. Ätzen, realisieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung aus einer oder mehreren Dioden und einem Kühlsystem in Schichtbauweise, bei welchem einzelne Schichten des Kühlsystems zumindest teilweise mittels Laserbearbeitung und/oder Stanzen strukturiert und/oder mittels galvanotechnischer Prozesse angefertigt und anschließend aneinandergesetzt werden, wobei die Strukturierung bzw. die Anfertigung derart erfolgt, daß nach dem Aufeinanderfügen der Schichten abgeschlossene Kanäle entstehen, durch die ein Kühlmedium strömt, und daß die Diode oder die Dioden thermisch und/oder elektrisch mit dem Kühlsystem verbunden werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine 2-dimensionale und/oder eine 3-dimensionale Bearbeitung der einzelnen Schichten erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Laserstrahlbearbeitung Prozesse wie Bohren, Schneiden, Abtragen und Oberflächenbehandlungen zum Einsatz kommen.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Herstellung des Kühlsystems zusätzlich Ätzprozesse zum Einsatz kommen.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die feinen Kanäle, insbesondere die Mikrokanäle, mit Laserbearbeitung und die Kanäle mit größeren Querschnitten — wie beispielsweise Zu- und Ableitungskanäle — durch Ätzen und/oder Stanzen an-

gefertigt werden.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Aneinanderfügen der einzelnen Schichten des Kühlsystems durch Schweißen und/oder Bonden und/oder Löten und/oder Kleben vorgenommen wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, das Kühlsystem zumindest teilweise aus gut wärmeleitenden Werkstoffen besteht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, das Kühlsystem zumindest teilweise aus Kupfer und/oder Diamant besteht.

9. Anordnung aus einer oder mehreren Dioden und einem Kühlsystem, hergestellt mit einem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem folgende Kanäle beinhaltet:

- einen oder mehreren Mikrokanäle,
- einen oder mehrere Verteilkanäle die den Mikrokanälen das Kühlmedium zuführen,
- einen oder mehrere Sammelkanäle die das Kühlmedium aus den Mikrokanälen abführen,
- mindestens einen Zulaufkanal über den die Anordnung mit dem Kühlmedium versorgt wird,
- mindestens einen Ablaufkanal der das Kühlmedium aus der Anordnung abfordert.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnungen folgende fünf Schichten beinhaltet:

- eine Deckplatte (2),
- eine Mikrokanalplatte (3), die eine Vielzahl von Mikrokanälen (4) und einen oder mehrere Verteilkanäle (5) aufweist,
- eine Zwischenplatte (6), die einen oder mehrere Verbindungskanäle (7) besitzt,
- eine Sammelplatte (8), die einen oder mehreren Sammelkanäle (9) beinhaltet, sowie
- eine Grundplatte (10).

11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrokanäle längs und/oder quer zu dem/den LD-Barren ausgerichtet sind.

12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Diode mittig über dem Gebiet der Mikrokanäle angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Diode an der Kante des Kühlsystems angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Diode mit einer Mikrooptik versehen ist.

15. Anordnung aus mehreren Dioden und einem Kühlsystem in Schichtbauweise zu deren aktiven Kühlung, herstellbar insbesondere mit einem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem ein oder mehrere großflächige Gebiete mit Mikrokanälen aufweist, durch die ein Kühlmedium strömt, und daß die Dioden mit diesem Gebiet thermisch und/oder elektrisch verbunden sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem oberhalb der

Mikrokanäle eine planare Deckschicht aufweist, auf der die Dioden aufgebracht sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung der Dioden über eine Mikrooptik (Spiegel und/oder Prismen) umgelenkt ist. 5

18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Dioden planar auf den Seitenwänden von Submounts (Zwischenaufsatz) aus gut thermisch leitendem Material befestigt sind, die auf der Deckschicht des Kühlsystems angeordnet sind. 10

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Submounts (Zwischenaufsatz) derart gestaltet sind, daß eine vertikale Abstrahlung der Strahlung zur Kühlfläche erreicht ist. 15

20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Dioden Horizontal-(Kanten-) und/oder Vertikalemitter (Oberflächenemitter) sind. 20

21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem aus mehreren Modulen mit Mikrokanälen und Dioden besteht und die einzelnen Module vertikal gestapelt und/oder nebeneinander angeordnet sind. 25

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

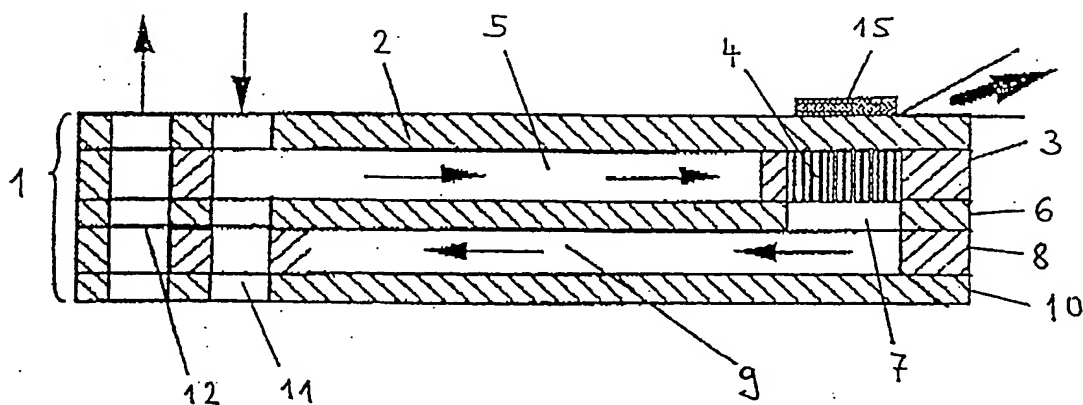


Fig. 1

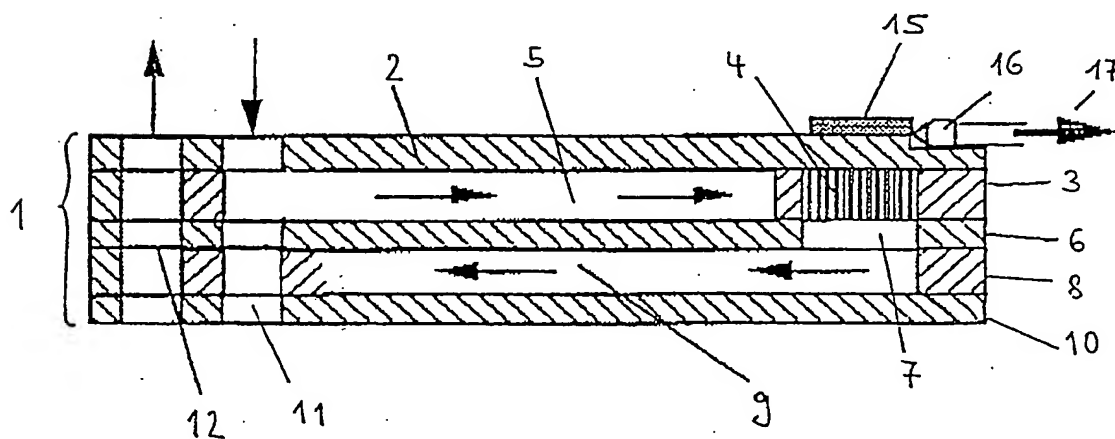


Fig. 2

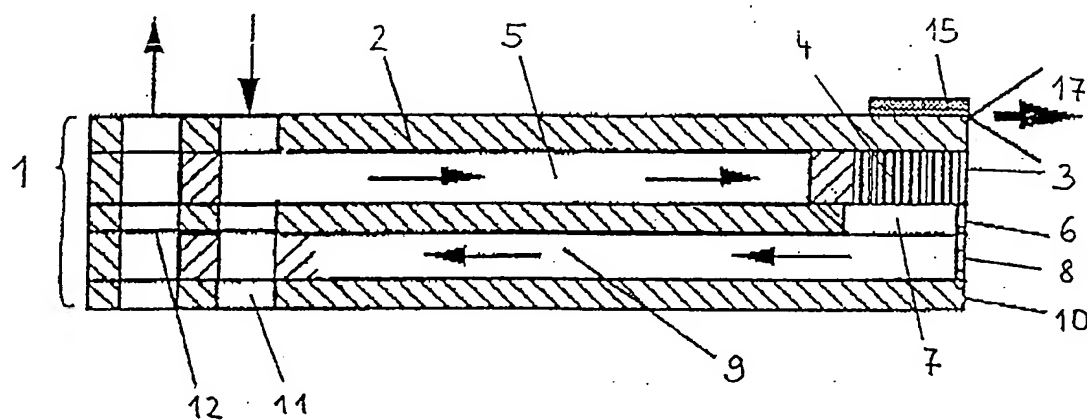


Fig. 3

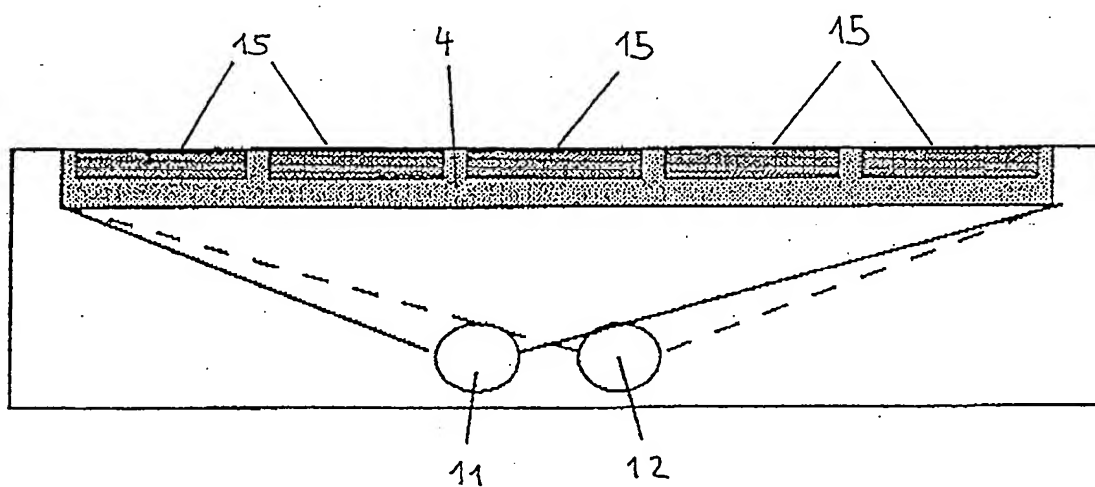


Fig. 4

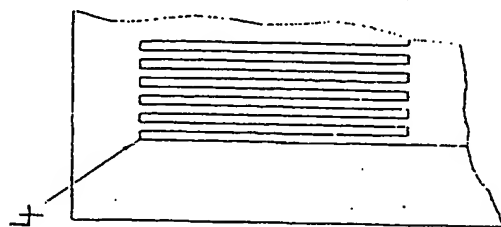


Fig. 5b

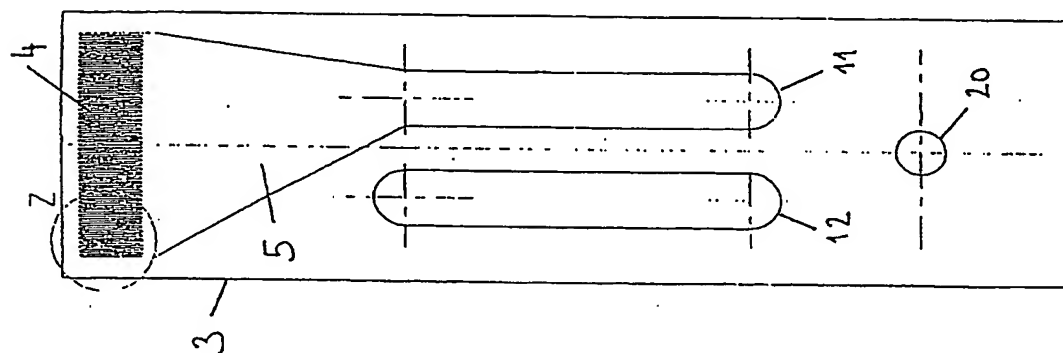


Fig. 5a

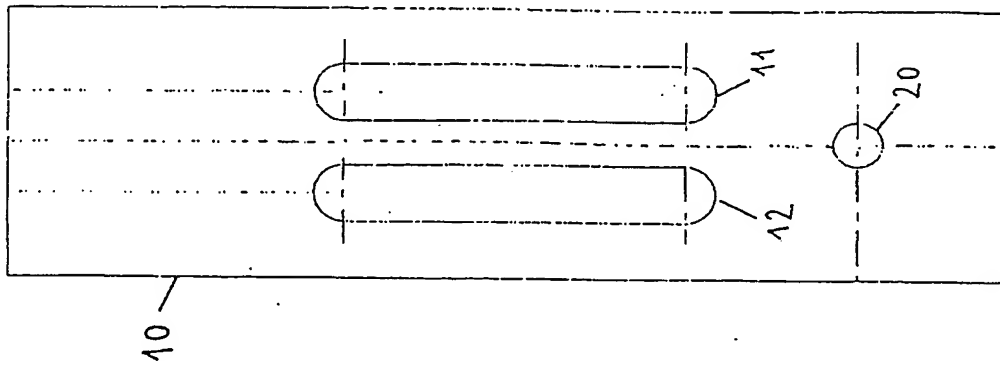


Fig. 5c

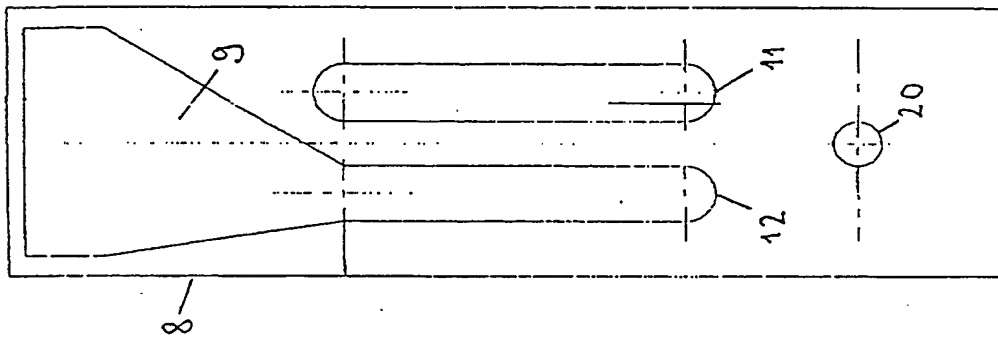


Fig. 5d

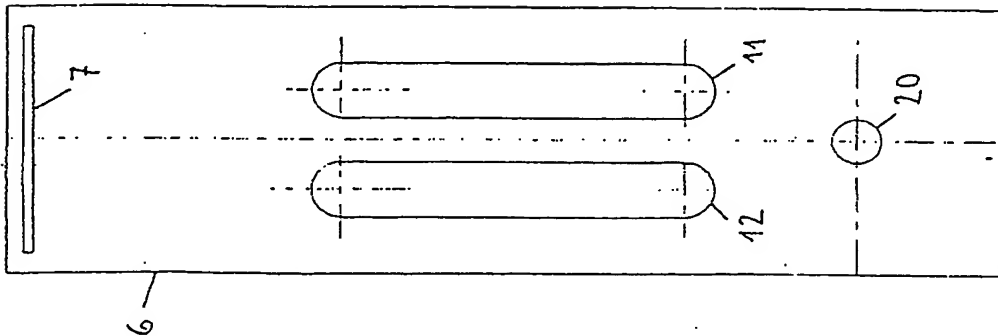


Fig. 5e

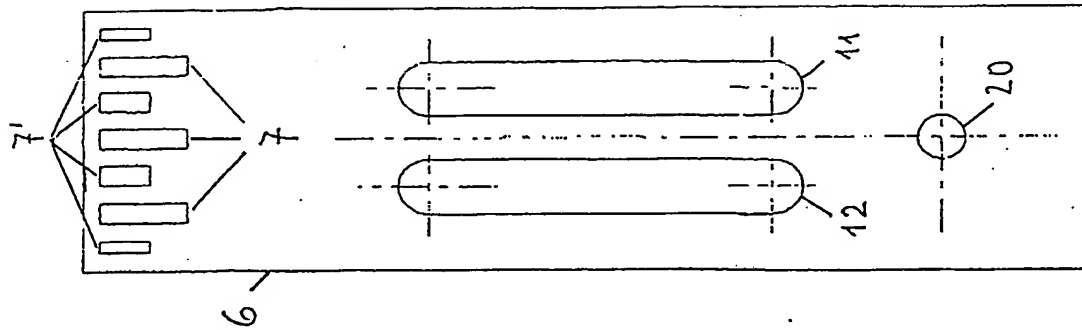


Fig. 6b

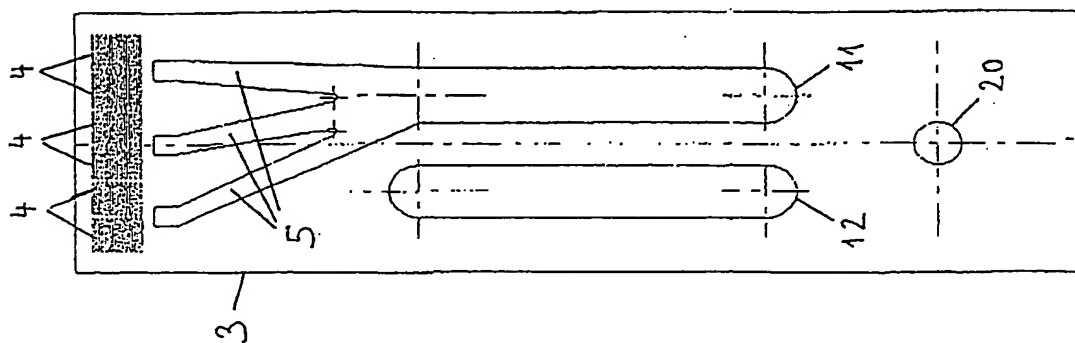
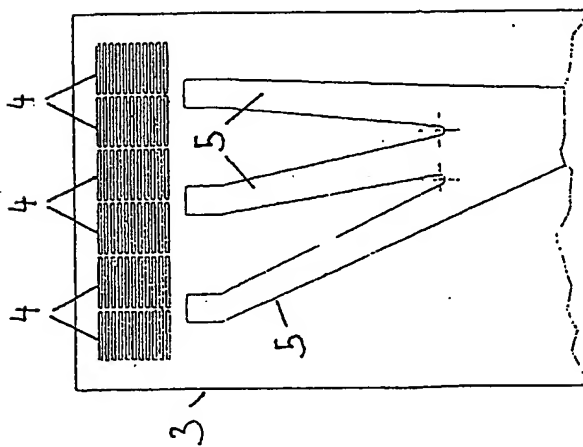


Fig. 6a

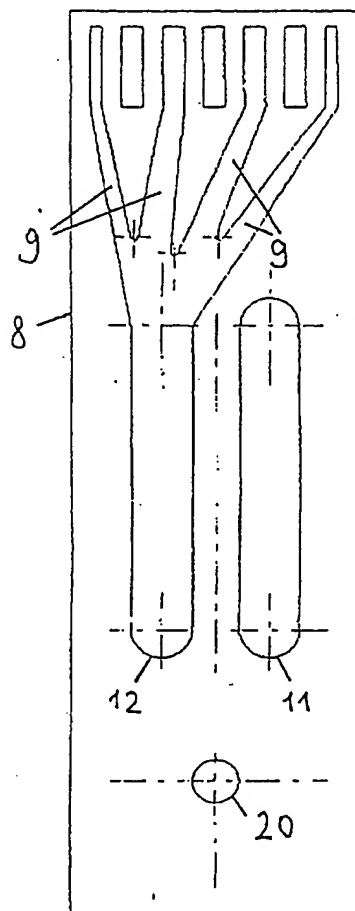


Fig. 6c

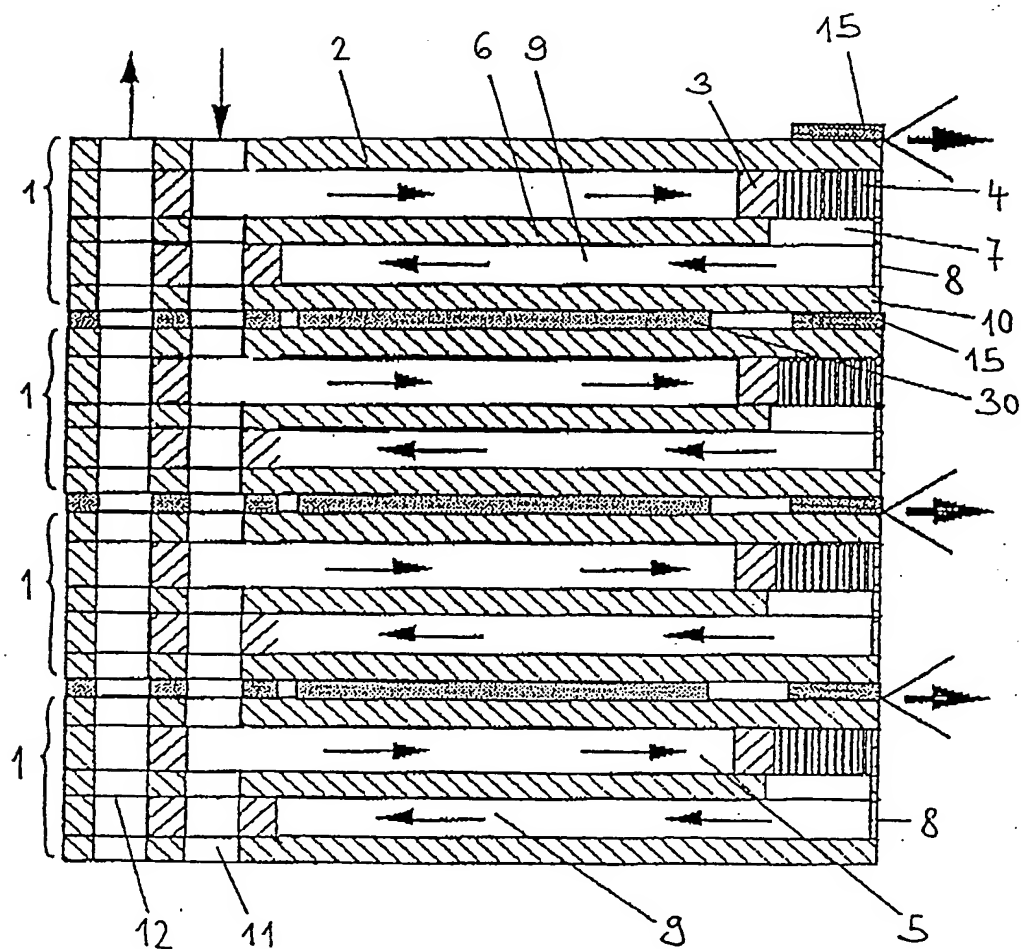
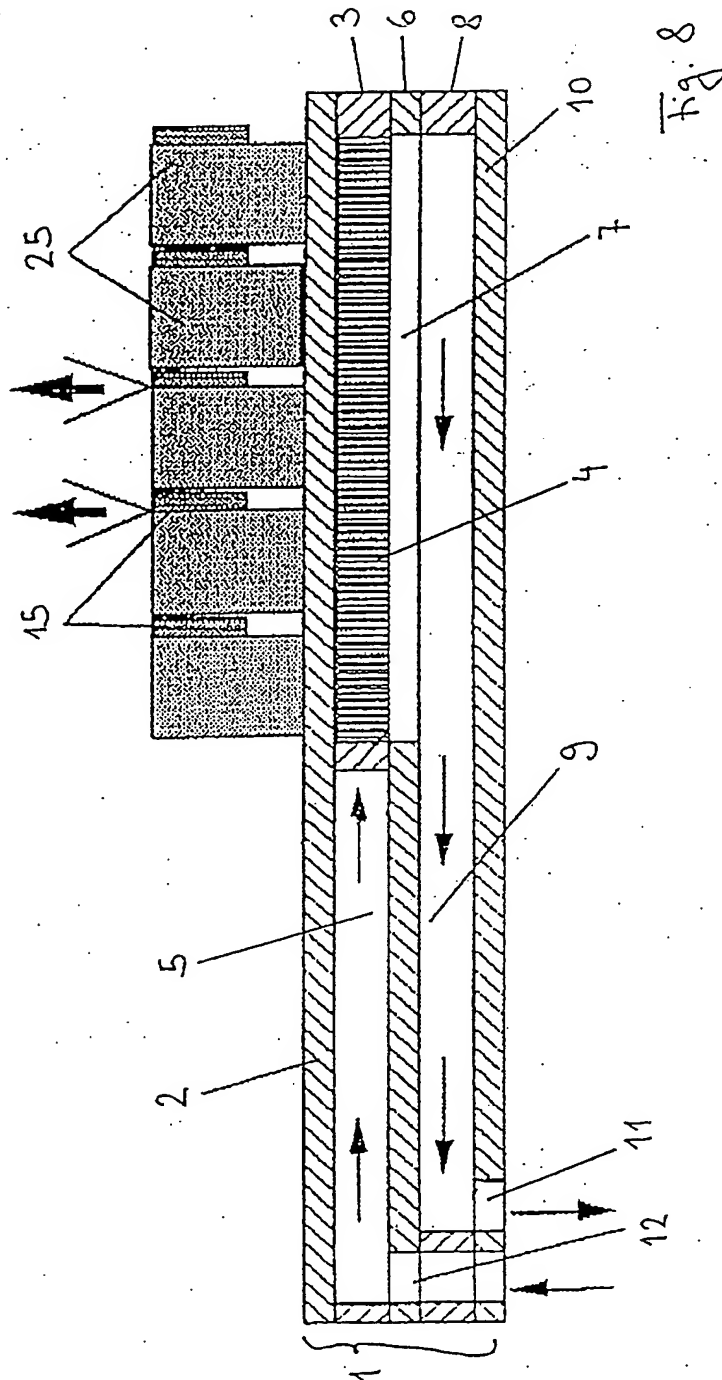
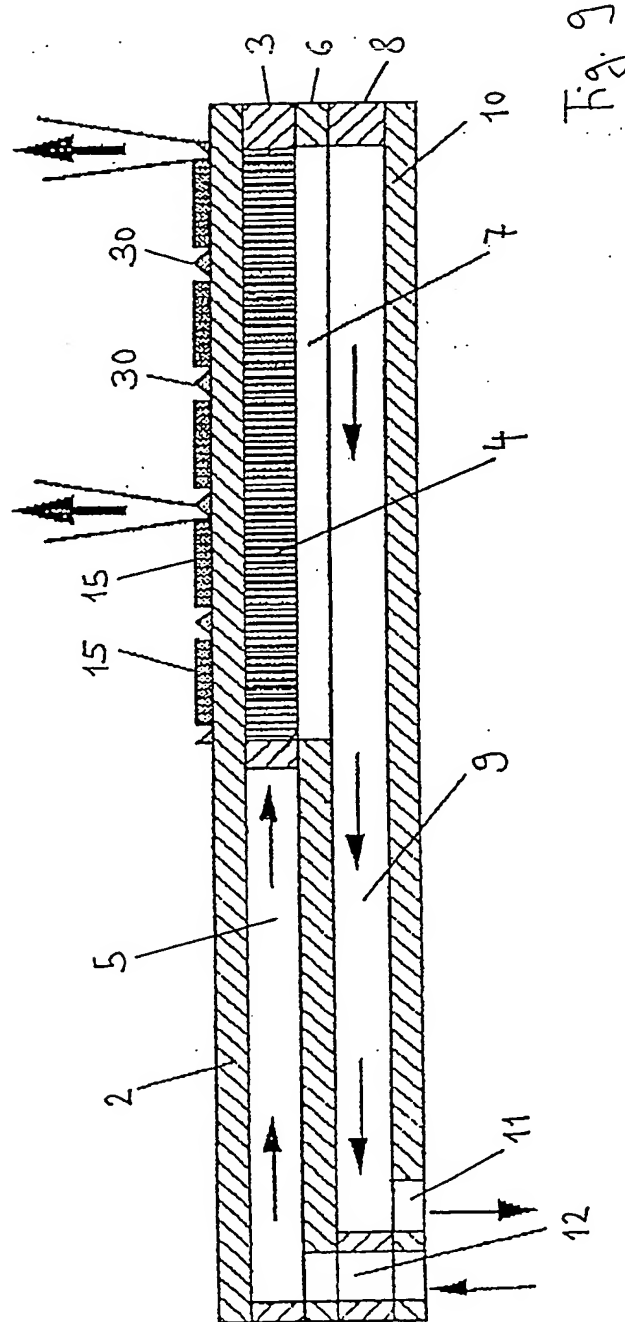


Fig. 7





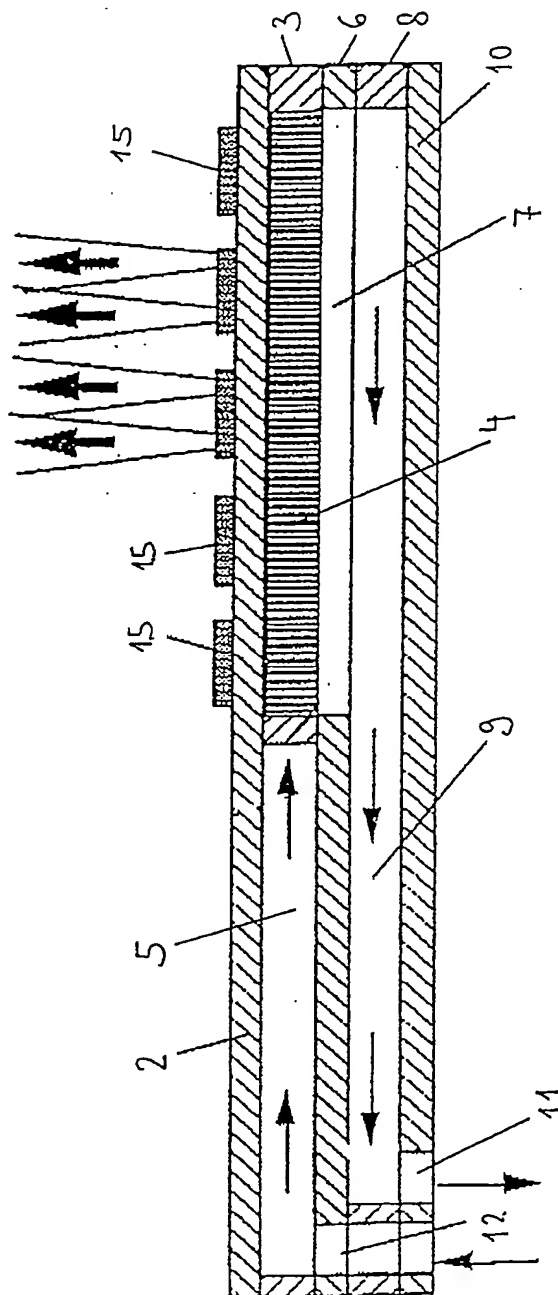


Fig. 10.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.